

RAPPORT

Oppdrag	Fjære skole
Kunde	Grimstad kommune
Dokument nr.	02
Dato	23.09.2020
Til	Grimstad kommune v/ Ida Kristine Steffensen
Utarbeidet av	Aurora Retterstøl
Kontrollert av	Andreas Brøvig
Godkjent av	Andreas Brøvig
Revisjon	-

VURDERING AV SOLCELLER PÅ FJÆRE BARNESKOLE

1. Innledning

Rambøll har fått i oppgave av Grimstad kommune å vurdere potensiell solstrømproduksjon på taket av nye Fjære barneskole. Denne vurderingen er foretatt i skisseprosjektet, og vil bli benyttet som et grunnlag for å vurdere om prosjektet skal jobbe videre med solceller på tak i de neste fasene av prosjektet. I tillegg til å vurdere potensiell solstrømproduksjon er det foretatt en LCC analyse for å vurdere forventet tilbakebetalingstid. Videre er det utarbeidet en LCA analyse av solcelleanlegget for å vurdere hvor mange år det tar med strømproduksjon før anlegget har kompensert for klimagassutslippet i forbindelse med produksjon av panelene.

For å beregne potensiell strømproduksjon har Rambøll benyttet programmet PVsol. Programmet gir mulighet til å legge inn reell plassering av bygget og tar hensyn til nærmest tilgjengelig målestasjon for værdata med Meteonorm.

2. Ordninger ift. solcelleanlegg

Plusskundeordningen:

Plusskundeordningen er en ordning for kunder som produserer strøm på bygget eller tomte, og som i enkelttimer har overskuddskraft som kan mates inn i nettet. Overskuddsstrømmen selges da til en kraftleverandør til spotpris, hvor det ikke er behov for å betale fastledd for innmating av strøm på nettet. Dette gjør salg av overskuddsstrøm relativt «enkelt». NVE definerer en plusskunde slik:

Sluttbruker med forbruk og produksjon bak tilknytningspunkt, hvor innmatet effekt i tilknytningspunktet ikke på noe tidspunkt overstiger 100 kW. En plusskunde kan ikke ha konsesjonspliktig anlegg bak eget tilknytningspunkt eller omsetning bak tilknytningspunktet som krever omsetningskonsesjon.

Dersom det mates mer enn 100 kW inn på nettet kan ikke kunden defineres som plusskunde og må blant annet betale innmatingstariff på strømmen som selges.

For Grimstad kommune er det Agder Energi Nett AS energi som er netteier. De har laget en stegvis liste for å forenkle prosessen med å bli plusskunde:

1. Valg av effekt på anlegget
2. Godta vilkårene for plusskunde
3. Forhåndsmelding av el-installatør
4. Montering og ferdigmelding av anlegget
5. Lage avtale med strømlleverandør
6. Plusskundeavtale i boks

Dato 2021/09/23

Rambøll
Henrik Wergelandsgt. 29
Postboks 116
NO-4662 KRISTIANSAND
T +47 99 42 81 00
www.ramboll.no

Støtteordninger:

Enova gir investeringsstøtte til en rekke energi- og klimasporende tiltak i private husholdninger og virksomheter. Når det gjelder el-produksjon fra solenergi er det kun private aktører de gir tilskudd til. Det er derfor ikke mulig å motta støtte fra Enova for selve installasjon av solceller.

3. Regelverk

NEK 400:2018 712C.2.2 – Solinstallasjoner montert på tak (flate tak)

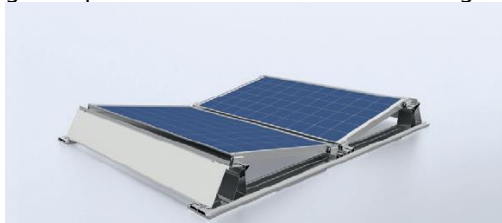
For solcelleinstallasjoner montert på et tak, skal solcelleinstallasjonen utformes slik at:

- Solcellemoduler er montert i en avstand $\geq 1,0\text{m}$ fra minst én av takets ytterkanter, fortrinnsvis mot mulig oppstillingsplass for brannbiler, og
- Solcellemoduler er montert i en avstand $\geq 1,25\text{m}$ fra brannskiller som stikker opp over takflaten, og
- Det er anordnet med en solcellemodulfri sone med bredde $\geq 1,0\text{m}$ for hver 40m

4. Solcelleanlegg på Fjære barneskole

Bruken av solcelleanlegg i Norge har økt betraktelig det siste tiåret. Økt bevissthet rundt valg av bærekraftige energiløsninger, kraftig prisreduksjon og høyere energiproduksjon pr m^2 panel, har samlet gjort solcelleanlegg raskere å nedbetale og til en populær investering. Det vil i tillegg være en bærekraftig investering da solceller vil være med å bidra til reduksjon av klimagassutslipp til bygget. Dette vil bidra til et positivt omdømme ift. klima, samt fokus på fremtidige fornybare energiløsninger. I forbindelse med innkjøp av solcellepaneler bør det settes krav til 3. parts LCA dokumentasjon, som dokumenterer at solcellene er klimavennlige ifm. produksjon av panelene.

Panelene som legges i en øst-vest orientering med vinkel på 10 grader vil redusere intern skyggelegging mellom panelene, redusere vindlast samt få en jevnere strømproduksjon over året. En slik orientering har også bedre potensial til å utnytte takarealet enn sydvendte paneler. Tilbakemeldingen er at denne orienteringen er rimeligere å montere enn sydvendte paneler da det krever færre stativkomponenter, mindre ballast og mindre kabelføringer. Det er derfor lagt til grunn paneler i en øst-vest orientering ved beregning av potensiell solstrøm produksjon.



Prinsipp solcelle med montasjesystem

4.1 Vurdering av størrelse på solcelleanlegget

Grimstad kommune vurderer å svanemerke nye Fjære skole. Det er ett krav i Svanemerke (krav P1) som omhandler solceller. Man kan oppnå inntil 3 poeng avhengig av hvor stor andel av byggets faktiske energibehov (ekskludert strøm til belysning og teknisk utstyr) som blir dekket av solcelleanlegget. Dersom over 25% av byggets faktiske energibehov blir dekket av solstrøm, vil man oppnå 3 poeng.

For å vurdere beregnet faktisk energibehov er det tatt utgangspunkt i energiberegning som er utarbeidet i skisseprosjektet. Iht. skissefaseberegningen utført av RIE n (datert 15.09.2021) vil det være nødvendig med følgende produksjon, avhengig av energiambisjon, for å oppnå 3 poeng:

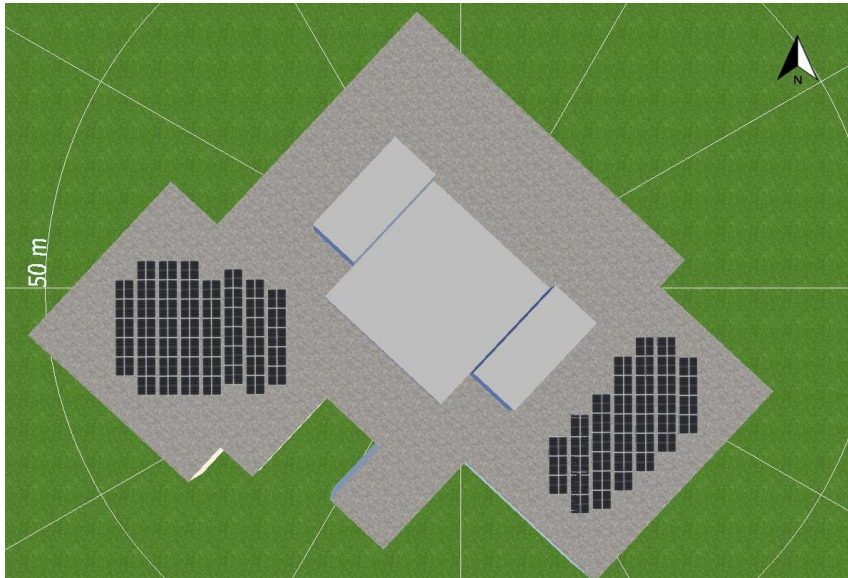
Nivå på energiberegningen	Nødvendig produksjon fra solcellene [kWh/år]. Grenseskillet mellom 2 og 3 poeng
TEK 17	64 000
Svanemerke	49 000
Passivhus	39 000

Videre i utredningen legges det opp til et anlegg som oppfyller 3 poeng i Svanemerket dersom TEK 17-nivå på bygget legges til grunn. Dvs. en produksjon på minimum 64 000 kWh/år.

4.2 Beregningsforutsetninger

Nye Fjære barneskole er plassert i Grimstad kommune. Solforholdene i Grimstad er gode og dette gir mulighet for høy strømproduksjon fra solcellene. På tak av bygget er det lagt opp til 2 tekniske rom, samt ett større takoppbygg med overlys plassert sentralt på byggets takflate. Dette vil gjøre at vi har noe begrenset areal avsatt til solceller, samtidig som takoppbygg og tekniske rom vil kunne skyggelegge noe for panelene på taket.

Nedenfor er det vist et forslag til hvordan solcellepanelene kan legges ut på taket, se Figur 1. Siden prosjektet er i skissefase er det ikke tatt høyde for sluk og slukrenner, ventilasjonskasser, oppstikk o.l. Plassering av solcelleanlegget må tilpasses de faktiske forholdene på taket når disse er kjent. Det er lagt opp til en 3 meters klarning til ytterkant vegg som også ivaretar krav i NEK 400 samt at det enkelt vil være mulig å bevege seg i randsonen av taket.



Figur 1: Forslag til utplassering av solceller på taket av nye Fjære skole

I beregningen er det lagt til grunn paneler med virkningsgrad på 20% og som er «standard» i dag. Som man kan se fra figuren over er solcelleanlegget lagt mot øst og vest og ikke ift. byggets orientering. Dette for å få best mulig strømproduksjon pr panel. I beregningen er det tatt høyde for intern skyggelegging mellom paneler samt tildekkingseffekt (soilingeffekt) som snø og pollen for Sørlandsklima (SN-NSPEK 3031:2020).

4.3 Resultat fra beregningene

Det er som nevnt tidligere lagt til grunn paneler med en virkningsgrad på 20%. Dette er standard virkningsgrad i dag og som gir god produksjon sett i sammenheng med kostnad for panelene. Tabell 1 vises resultatet fra beregningen. Da er blant annet beregnet strømproduksjonen og produksjon pr areal solceller angitt.

Tabell 1: Resultat av strømproduksjon ift. installert effekt

Simulering	Produksjon pr. år [kWh/år]	Solcelleareal	Produksjon pr. m ² solcelleareal [kWh/m ²]	PR [%]
83 kWp installert effekt	66 400	409 m ²	162,3	79,2

Resultatet i Tabell 1 tar blant annet hensyn til skyggelegging internt på taket samt snø på panelene vinterstid som påvirker strømproduksjonen noe. Anlegget som er beskrevet ovenfor ivaretar kravet til 3 poeng i Svanemerket og er innenfor plusskundeordningen.

4.4 Kostnader

Rambøll har innhentet budsjettkostnader på solcelleanlegget fra flere leverandører. Kostnadsvurdering for solcelleanlegget er gitt i Tabell 2 for Fjære barneskole. Budsjettkostnadene som er oppgitt er snitt av prisene som er innhentet. Erfaring fra tidligere er at investeringskostnad for solcelleanlegg kan variere mellom leverandører.

Tabell 2: Kostnadsvurdering for solcelleanleggene

Kostnad	83 kWp anlegg
Komplett solcelleanlegg (DC- og AC-side) [kr eksl mva]	622 500
Kostnad pr Wp installert [kr/Wp]	7,5

Budsjettkostnaden for solcelleanlegget er angitt for et komplett system. Kostnaden inkluderer ikke detaljprosjektering av anlegget.

For mindre anlegg vil kostnaden øke noe pr installert effekt.

5. Lønnsomhet – LCC beregning

5.1 Forutsetninger

Det er foretatt en LCC beregning for solcelleanlegget. Det er lagt til grunn forventet strømproduksjon i kapittel 4.3 og budsjettkostnader i kapittel 4.4.

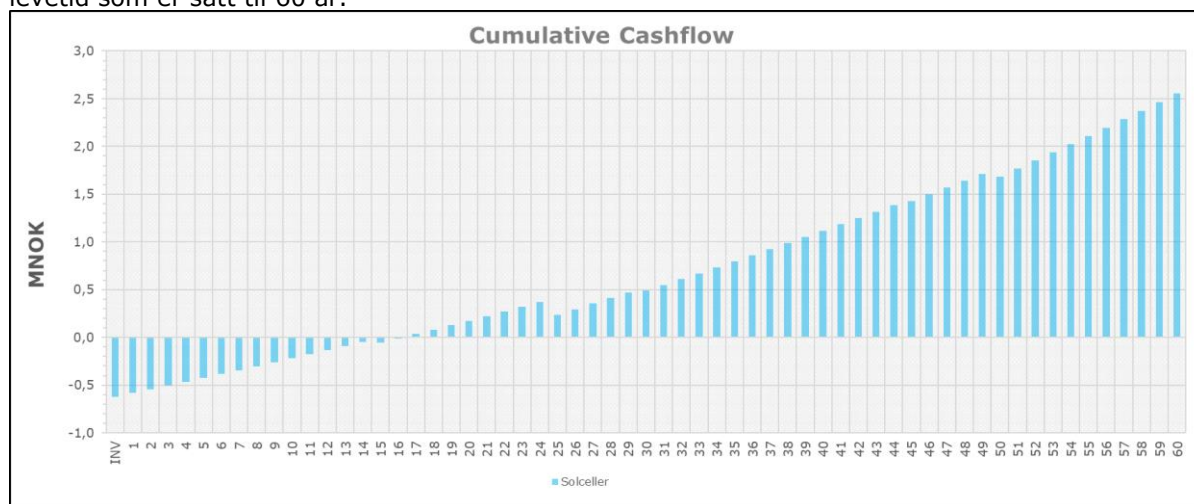
Det er i lønnsomhetsberegning hensyntatt at vi får overproduksjon av strøm i sommermånedene og i helger. Denne vurderingen er basert på beregnet forventet energiforbruk på skolen utført av RIEen den 15.09.2021, se *H-RAP-01 Energikonsept Fjære barneskole*, og er sammenlignet med beregnet forventet strømproduksjon fra solcelleanlegget. Beregningen viser at ca. 55% av strømmen som blir produsert brukes på bygget. Resten vil selges ut på strømmettet til spotpris. Lønnsomheten blir bedre jo større andel av strømproduksjon som benyttes på bygget.

Beregning er utført i egenutviklet LCC regneark. Nedenfor er andre forutsetninger for beregningene vist:

- 25 år, solcelle panel levetid
- 15 år, invertere levetid
- 60 år, analyseperiode
- 0,30 kr/kWh, spotpris basert på de 3 siste årene (3,5% pris økning, årlig)
- 0,35 kr/kWh, nettleie pris (4,0% pris økning, årlig)
- 0,10 kr/kWh, el-sertifikat (= inflasjon)
- 2,4%, kalkulasjonsrente (2,5% inflasjon; 5,0% nominell rente)
- 0,5%, årlig output tap (ift. investeringskostnader)
- 0,5%, årlig D&V kostnader (ift. investeringskostnader)
- 65% utskifting kostnader, etter levetiden utløper (ift. investeringskostnader)

5.2 Resultat fra LCC beregningene

«Cashflow» for investeringen med innhentet kostnad er vist i figuren under. Denne viser en tilbakebetalingstid på 17 år, og med en IRR på 6,6 % dersom investeringen sees over byggets levetid som er satt til 60 år.



Solcellepaneler har en relativ lang levetid og iht. LCC-vurderingen er tilbakebetalingstiden kortere enn forventet levetid. I tillegg forventes det at solcelleanlegg blir billigere i fremtiden, noe som gjøre videre investeringer mer lønnsomme.

6. Livssyklusanalyse (LCA) for solcelleanlegget

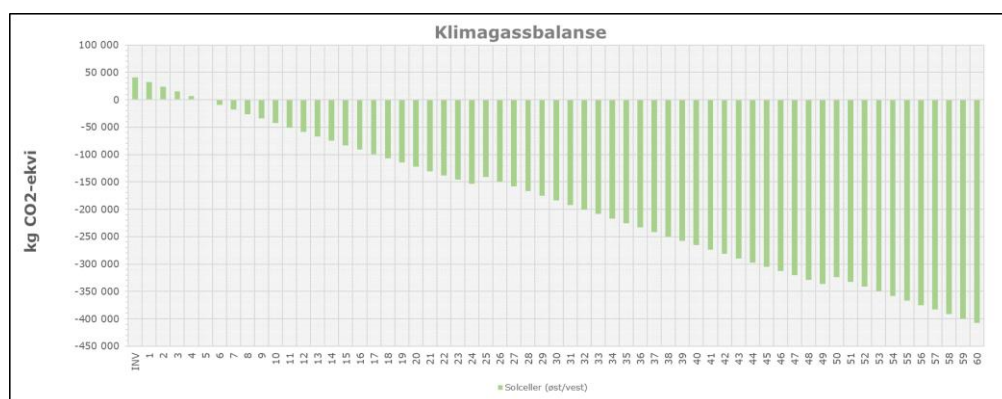
Et solcelleanlegg vil være med å redusere klimagassutslippet til bygget da behovet for kjøpt strøm fra nettet blir mindre. Samtidig vil produksjon av selve solcellepanelet gi ett stort klimagassutslipp. Det er derfor viktig å sette krav til at paneler som velges, har en LCA dokumentasjon som viser til hvilket klimagassutslipp panelet har i forbindelse med produksjonen. Her er det store forskjeller på panelene. I vurderingen under er det sett på 2 tilfeller, henholdsvis noen av de bedre panelene i markedet mtp klimagassutslipp og gjennomsnittlige paneler produsert i Europa¹. Dette tilsvarer et utslipp på 100 kg CO₂-ekv./m² og 180 kg CO₂-ekv./m².

I LCA beregningen er det benyttet en CO₂-faktor på 0,13 kg CO₂-ekvivalenter pr. kWh for strøm som blir produsert fra solcelleanlegget. Dette er iht. tabell 3.3 i *ZEB definition guideline*². Bruk av lavere CO₂-miks på strøm vil medføre lengre tilbakebetalingstid. Beregningen er sett over 60 år. Dersom vi legger opp til paneler med 25 års levetid, betyr dette at panelene må skiftes ut 2 ganger i løpet av 60 år. I beregningen er det også lagt til grunn at panelene gir 0,5% mindre produksjon pr. år grunnet degradering samt halvert klimagassutslipp ved utskifting. Dette betyr at for hver kWh som produseres fra solcelleanlegget, gir dette en klimabesparelse på 0,13 kg CO₂- ekvivalenter.

6.1 Solceller med lavt klimagassutslipp

Som nevnt innledningsvis ligger utslippsfaktor for et panel med lavt utslipp på 100 kg CO₂-ekvi/m² panel. Det er videre forutsatt at utslippet halveres når panelene skal byttes ut etter endt levetid (iht. ZEB guideline).

Ved å legge til grunn forutsetningene over viser klimabalansen en tilbakebetalingstid på 5 år, og spart klimagassutslipp på ca. 410 tonn CO₂-ekvi når balansen sees over byggets levetid som er satt til 60 år.



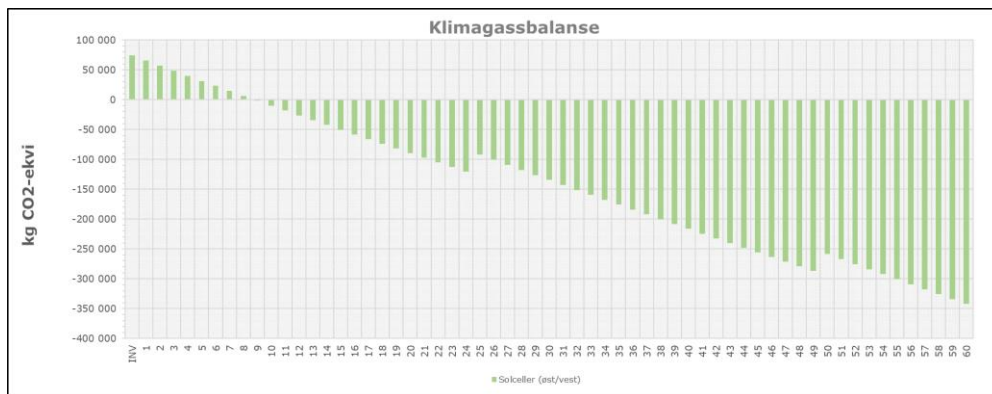
6.2 Solceller med gjennomsnittlig klimagassutslipp

Som nevnt innledningsvis ligger gjennomsnittlig utslippsfaktor for et panel produsert i Europa på 180 kg CO₂-ekvi/m² panel. Det er videre forutsatt at utslippet halveres når panelene skal byttes ut etter endt levetid (iht. ZEB guideline).

Ved å legge til grunn forutsetningene over viser klimabalansen en tilbakebetalingstid på 9 år, og spart klimagassutslipp på ca. 340 tonn CO₂-ekvi når balansen sees over byggets levetid som er satt til 60 år.

¹ Referanseverdi hentet fra One Click LCA

² Dokka, T. H., I. Sartori, M. Thyholt, K. Lien and K. B. Lindberg (2013). A Norwegian Zero Emission Building Definition. Passivhus Norden 2013, Göteborg, Sweden.



6.3 Oppsummering LCA

LCA beregningene over viser at det er viktig å velge paneler med dokumentert lavt klimagassutslipp. For de to alternativene over skiller det 4 år i tilbakebetalingstid samt en 19 % økt klimagassreduksjon over 60 år ved å velge paneler med lavt utslipp. Dersom det velges paneler med høyere utslipp enn det som er lagt til grunn i denne vurderingen, vil man kunne se tilfeller hvor panelene ikke betaler seg tilbake i løpet av panelet sin levetid. Med bakgrunn i dette anbefales det å sette krav til maksimalt utslipp fra solcellepanelene dersom det besluttes å gå videre med solceller.

7. Oppsummering

LCC-vurderingen av solcelleanlegget beskrevet i denne rapporten gir en tilbakebetalingstid på 17 år og en IRR på 6,6% dersom investeringen sees over byggets levetid som er satt til 60 år. Budsjettkostnader kan variere fra forskjellige solcelleleverandører, og dette kan gi et relativt stort utslag i forventet tilbakebetalingstid for solcelleanlegget.

Et solcelleanlegg vil være med å redusere klimagassutslippet til bygget da behovet for kjøp av strøm fra nettet blir mindre. Ved å velge solcellepaneler med dokumentert lavt klimagassutslipp, viser klimabalansen for anlegget en tilbakebetalingstid på 5 år.